



**CHIMIE**  
**NIVEAU SUPÉRIEUR**  
**ÉPREUVE 2**

Lundi 18 mai 2009 (après-midi)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

0	0							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

**INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS**

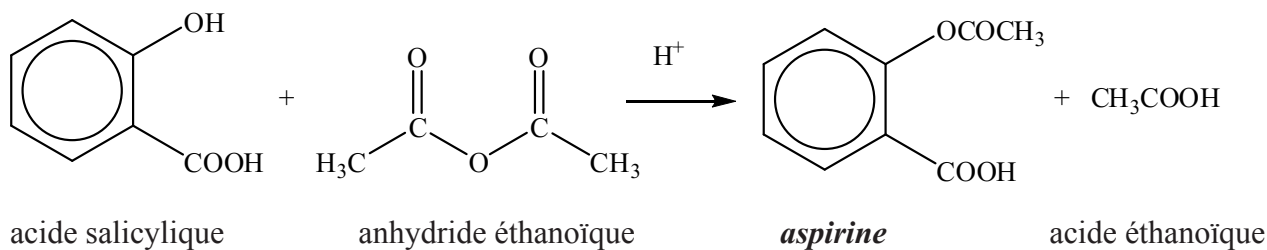
- Écrivez votre numéro de session dans la case ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Section A : répondez à toute la section A dans les espaces prévus à cet effet.
- Section B : répondez à deux questions de la section B. Rédigez vos réponses sur des feuilles de réponses. Écrivez votre numéro de session sur chaque feuille de réponses que vous avez utilisée et joignez-les à cette épreuve écrite et à votre page de couverture en utilisant l'attache fournie.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les numéros des questions auxquelles vous avez répondu ainsi que le nombre de feuilles utilisées dans les cases prévues à cet effet sur la page de couverture.



## SECTION A

Répondez à **toutes** les questions dans les espaces prévus à cet effet.

1. On peut préparer l'aspirine, un des médicaments les plus utilisés dans le monde, selon l'équation ci-dessous.



- (a) Exprimez les **trois** groupements fonctionnels organiques présents dans l'aspirine. [3]

.....

.....

.....

- (b) Un élève fait réagir de l'acide salicylique avec un excès d'anhydride éthanoïque. Il obtient de l'aspirine solide impure en filtrant le mélange réactionnel. Puis, par recristallisation, il obtient de l'aspirine pure. Le tableau suivant montre les données recueillies par l'élève.

Masse d'acide salicylique utilisée	3,15 ± 0,02 g
Masse d'aspirine pure obtenue	2,50 ± 0,02 g

- (i) Déterminez la quantité, en mol, d'acide salicylique,  $C_6H_4(OH)COOH$ , utilisée. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question 1)

- (ii) Calculez le rendement théorique, exprimé en g, de l'aspirine,  $C_6H_4(OCOCH_3)COOH$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Déterminez le pourcentage de rendement de l'aspirine pure. [1]

.....

.....

- (iv) Exprimez le nombre de chiffres significatifs associés à la masse de l'aspirine pure obtenue et calculez le pourcentage d'incertitude associé à la masse. [2]

.....

.....

.....

.....

- (v) Un autre élève reprend l'expérience et il obtient un rendement expérimental de 150 %. L'enseignant vérifie les calculs et ne trouve aucune erreur. Commentez le résultat. [1]

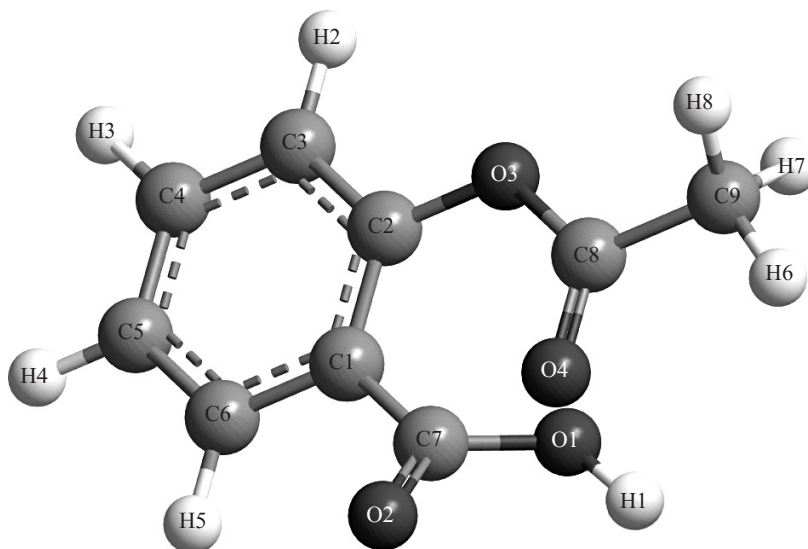
.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question 1)

- (vi) La figure suivante est une représentation tridimensionnelle de l'aspirine générée par ordinateur.



Un troisième élève mesure certaines liaisons dans l'aspirine à l'aide de ce programme d'ordinateur et il note les données suivantes.

Liaison	Longueur de liaison / $\times 10^{-10}$ m
C1–C2	1,4
C2–C3	1,4
C3–C4	1,4
C4–C5	1,4
C5–C6	1,4
C6–C1	1,4
C2–O3	1,4

L'élève propose l'hypothèse suivante : « Étant donné que toutes les longueurs des liaisons carbone-carbone sont égales, toutes les longueurs des liaisons carbone-oxygène doivent également être égales dans l'aspirine. Par conséquent, la longueur de la liaison C8–O4 doit valoir  $1,4 \times 10^{-10}$  m ». Commentez la validité ou le non-validité de cette hypothèse.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question 1)

- (vii) L'autre produit de la réaction est l'acide éthanoïque,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Définissez un acide selon la théorie de Brønsted-Lowry et exprimez la base conjuguée de  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

[2]

Définition d'un acide selon Brønsted-Lowry :

.....  
.....

Base conjuguée de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  :

.....  
.....

2. Certains des procédés les plus importants en chimie font intervenir des réactions acide-base.

- (a) (i) À l'aide du tableau 15 du Recueil de Données, calculez la valeur de  $K_a$  de l'acide benzoïque,  $C_6H_5COOH$ . [1]

.....  
 .....

- (ii) En vous basant sur sa valeur de  $K_a$ , exprimez si l'acide benzoïque est un acide fort ou faible et expliquez votre réponse. [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- (iii) Déterminez la concentration des ions hydrogène et le pH d'une solution d'acide benzoïque  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ . Exprimez **une** supposition faite dans vos calculs. [4]

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

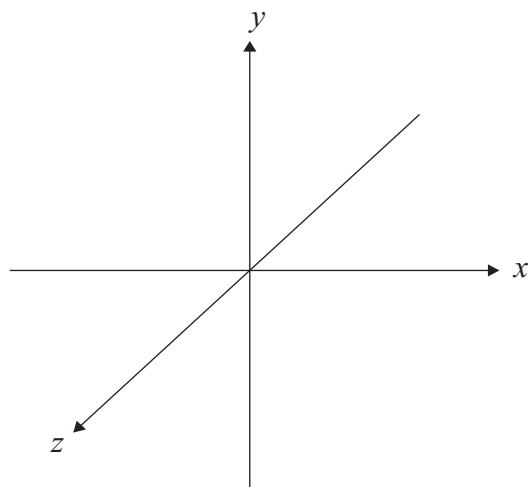
- (b) Décrivez le caractère acide-base des oxydes de chacun des éléments de la 3<sup>e</sup> période, soit de Na à Cl. [3]

.....  
 .....  
 .....

- (c) Exprimez **un** exemple d'un gaz acide, produit par un procédé industriel ou un moteur à combustion interne, responsable de la pollution à grande échelle des lacs et des forêts. [1]

.....

3. (a) (i) Dessinez la forme de l'orbitale  $p_z$  en utilisant les coordonnées illustrées. [1]



- (ii) Exprimez la configuration électronique de  $\text{Fe}^{3+}$ . [1]

.....  
 .....

- (iii) Définissez le terme *ligand*. [1]

.....  
 .....

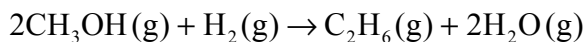
- (iv) Expliquez pourquoi le complexe  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  est coloré. [3]

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

- (v) L'élément sélénium ( $Z = 34$ ) a des électrons dans les orbitales 4s, 3d et 4p. Dessinez le schéma des orbitales (notation de flèches dans un carré) pour représenter ces électrons. [1]

.....

4. On considère la réaction suivante.



- (a) La variation d'enthalpie standard de formation pour  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  à 298 K est de  $-201 \text{ kJ mol}^{-1}$  et pour  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  de  $-242 \text{ kJ mol}^{-1}$ . À l'aide des informations du tableau 11 du Recueil de Données, déterminez la variation d'enthalpie de cette réaction. [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- (b) L'entropie standard pour  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  à 298 K est de  $238 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , pour  $\text{H}_2(\text{g})$ , de  $131 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  et pour  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , de  $189 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . À l'aide des informations du tableau 11 du Recueil de Données, déterminez la variation d'entropie de cette réaction. [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- (c) Calculez la variation d'énergie libre standard, à 298 K, accompagnant la réaction et déduisez si la réaction est spontanée ou non spontanée. [3]

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

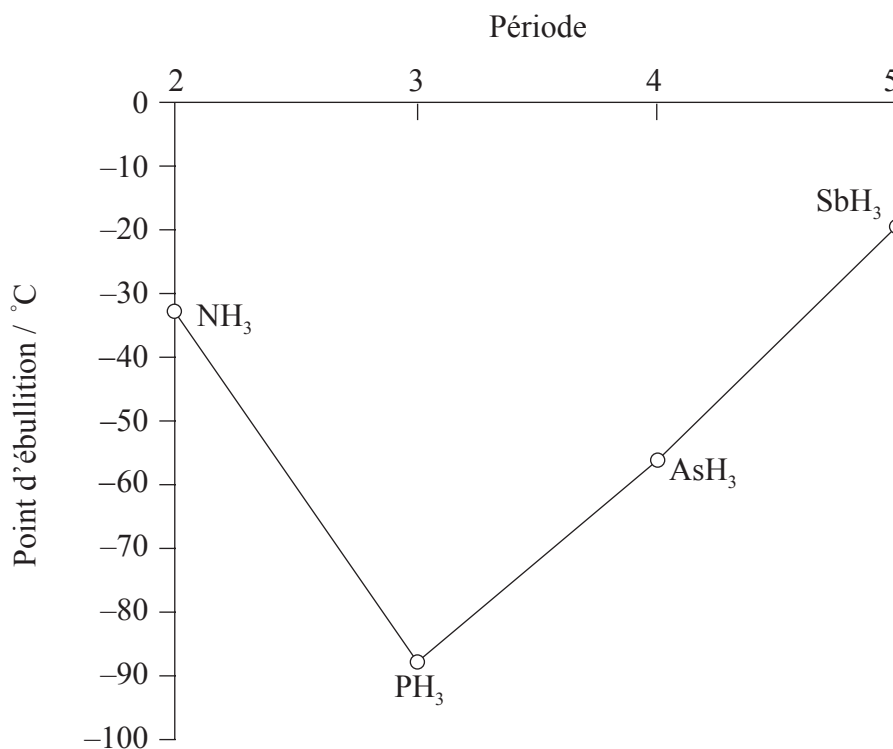


## SECTION B

Répondez à **deux** questions de cette section. Rédigez vos réponses sur les feuilles de réponses qui vous sont fournies. Écrivez votre numéro de session sur chaque feuille de réponses que vous avez utilisée et joignez-les à cette épreuve écrite et à votre page de couverture en utilisant l'attache fournie.

5. L'azote et le silicium appartiennent à des groupes différents du tableau périodique.

- (a) (i) Distinguez entre les termes *groupe* et *période* en termes de structure électronique. [2]
- (ii) Exprimez le nombre maximum d'orbitales dans le niveau d'énergie  $n = 2$ . [1]
- (b) Dessinez les structures de Lewis, exprimez les formes et prédisez les angles de liaison pour les espèces suivantes.
- (i)  $\text{SiF}_6^{2-}$  [3]
- (ii)  $\text{NO}_2^+$  [3]
- (c) Le graphique ci-dessous montre les points d'ébullition des hydrures du groupe 5. Discutez la variation des points d'ébullition. [4]

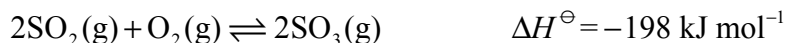


(Suite de la question à la page suivante)

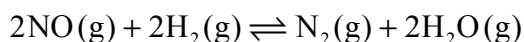
(Suite de la question 5)

- (d) À l'aide de schémas, expliquez pourquoi  $\text{NO}_2$  est une molécule polaire, mais  $\text{CO}_2$  est une molécule non polaire. [3]
- (e) Décrivez la structure et les liaisons du dioxyde de silicium. [2]
- (f) Soit la molécule  $\text{HCONH}_2$ .
- (i) Exprimez le nom du composé et représentez sa formule structurale, en montrant toutes les liaisons présentes. [2]
- (ii) Expliquez le terme *hybridation*. [1]
- (iii) Décrivez la formation des liaisons  $\sigma$  et  $\pi$ . [2]
- (iv) Exprimez le type d'hybridation des atomes de carbone et d'azote dans  $\text{HCONH}_2$ . [2]

6. (a) On considère l'équilibre suivant.



- (i) Déduisez l'expression de la constante d'équilibre,  $K_c$ , de cette réaction. [1]
  - (ii) Exprimez et expliquez l'influence d'une augmentation de la pression sur le rendement en trioxyde de soufre. [2]
  - (iii) Exprimez et expliquez l'influence de l'augmentation de la température sur le rendement en trioxyde de soufre. [2]
  - (iv) Exprimez l'influence d'un catalyseur sur les réactions directe et inverse, sur la position de l'équilibre et sur la valeur de  $K_c$ . [3]
- (b) Quand on introduit un mélange de 0,100 mol de NO, 0,051 mol de  $\text{H}_2$  et 0,100 mol  $\text{H}_2\text{O}$  dans un ballon de 1,0 dm<sup>3</sup> à 300 K, l'équilibre suivant s'établit.



À l'équilibre, on trouve que la concentration de NO est de 0,062 mol dm<sup>-3</sup>. Déterminez la constante d'équilibre,  $K_c$ , de la réaction à cette température. [4]

- (c) (i) Résumez **deux** différences entre une cellule d'électrolyse et une pile voltaïque. [2]
- (ii) Expliquez pourquoi le chlorure de sodium solide ne conduit pas l'électricité, alors que le chlorure de sodium **fond** le fait. [2]
- (iii) Le chlorure de sodium fondu subit l'électrolyse dans une cellule d'électrolyse. Pour chaque électrode, déduisez la demi-équation et exprimez s'il se produit une oxydation ou une réduction. Déduisez l'équation de la réaction globale qui actionne la pile en incluant les symboles précisant l'état physique des espèces chimiques. [5]
- (iv) L'électrolyse a rendu possible l'obtention de métaux réactifs, tels que l'aluminium, à partir de leurs minerais, ce qui a permis à l'ingénierie et à la technologie de réaliser des progrès importants. Exprimez **une** raison pour laquelle l'aluminium est préféré au fer dans de nombreux usages. [1]
- (v) La galvanoplastie est une application importante de l'électrolyse. Exprimez la composition des électrodes et l'électrolyte utilisés dans le procédé de galvanoplastie de l'argent. [3]

7. (a) (i) Définissez le terme *vitesse de réaction*. [1]
- (ii) Exprimez une équation pour la réaction du carbonate de magnésium avec l'acide chlorhydrique dilué. [1]
- (iii) Dans la partie (a) (ii), on peut étudier la vitesse de cette réaction en mesurant le volume de gaz recueilli pendant un certain temps. Esquissez un graphique qui montre comment le volume du gaz recueilli varie avec le temps. [1]
- (iv) On répète l'expérience en doublant le volume de l'échantillon d'acide chlorhydrique, mais en diminuant de moitié la concentration initiale de l'acide. Dessinez une deuxième courbe sur le graphique que vous avez dessiné dans la partie (a) (iii) pour montrer les résultats de cette expérience. Expliquez pourquoi cette courbe est différente de la courbe initiale. [4]

(b) À 1280 °C, le monoxyde d'azote réagit avec l'hydrogène pour former de l'azote et de l'eau. Tous les réactifs et les produits sont en phase gazeuse.

- (i) La cinétique de la réaction a été étudiée à cette température. Le tableau montre la vitesse initiale de la réaction pour différentes concentrations de chacun des réactifs.

Expérience	[NO(g)]/ mol dm <sup>-3</sup> × 10 <sup>-3</sup>	[H <sub>2</sub> (g)]/ mol dm <sup>-3</sup> × 10 <sup>-3</sup>	Vitesse initiale/ mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> × 10 <sup>-5</sup>
1	5,00	2,00	1,25
2	10,00	2,00	5,00
3	10,00	4,00	10,00

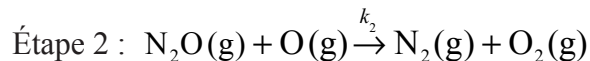
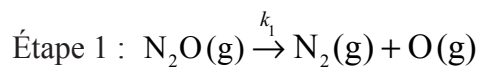
Déduisez l'ordre de réaction par rapport à NO et à H<sub>2</sub> et expliquez votre raisonnement. [4]

- (ii) Déduisez l'expression de la vitesse de cette réaction. [1]
- (iii) Déterminez la valeur de la constante de vitesse pour la réaction de l'expérience 3 et exprimez ses unités. [2]

(Suite de la question à la page suivante)

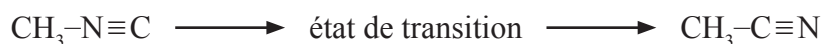
(Suite de la question 7)

- (c) On considère que la décomposition en phase gazeuse du monoxyde de diazote se produit en deux étapes.

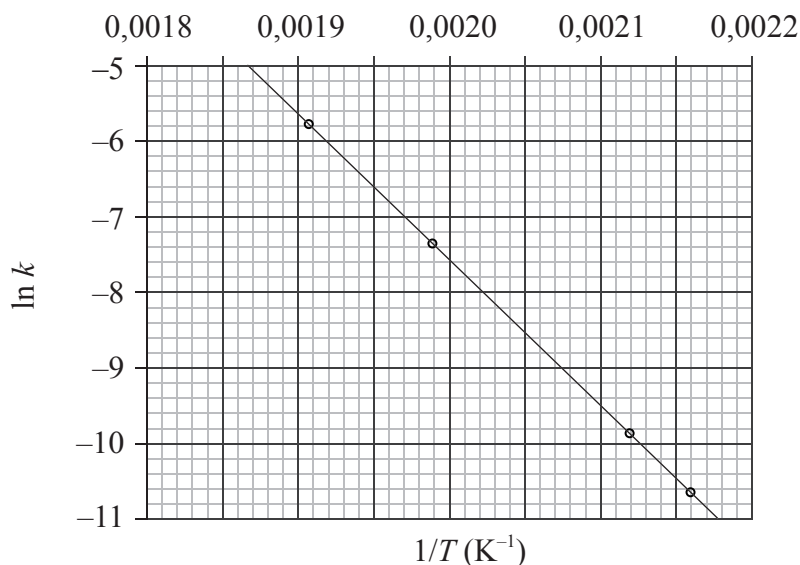


L'expression de vitesse expérimentale pour cette réaction est  $\text{vitesse} = k [\text{N}_2\text{O}]$ .

- (i) Identifiez l'étape déterminante de la vitesse. [1]
- (ii) Identifiez l'intermédiaire impliqué dans la réaction. [1]
- (d) La conversion de  $\text{CH}_3\text{NC}$  en  $\text{CH}_3\text{CN}$  est une réaction exothermique qui peut être représentée de la façon suivante.



Cette réaction a été effectuée à différentes températures et on a obtenu une valeur de la constante de vitesse,  $k$ , pour chaque température. Un graphique de  $\ln k$  en fonction de  $1/T$  est illustré ci-dessous.

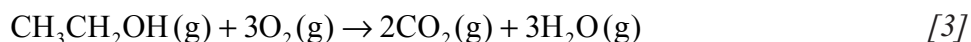


- (i) Définissez le terme *énergie d'activation*,  $E_a$ . [1]
- (ii) Construisez le diagramme enthalpique et légendez sur le diagramme l'énergie d'activation,  $E_a$ , la variation d'enthalpie,  $\Delta H$ , et la position de l'état de transition. [3]
- (iii) Décrivez qualitativement la relation entre la constante de vitesse,  $k$ , et la température,  $T$ . [1]
- (iv) À l'aide du tableau 1 du Recueil de Données, calculez l'énergie d'activation,  $E_a$ , de la réaction. [4]

8. Dans certains pays, l'éthanol est mélangé à l'essence pour produire un carburant pour véhicules appelé gazohol.

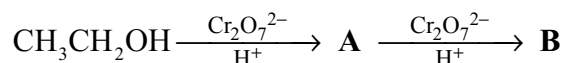
(a) (i) Définissez le terme *enthalpie moyenne de liaison*. [2]

(ii) À l'aide des informations du tableau 10 du Recueil de Données, déterminez la variation d'enthalpie standard de la combustion complète de l'éthanol.



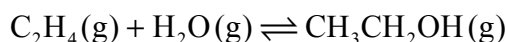
(iii) La variation d'enthalpie standard de la combustion complète de l'octane,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , est de  $-5471 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Calculez la quantité d'énergie produite, exprimée en kJ, lorsque 1 g d'éthanol et 1 g d'octane sont brûlés complètement dans l'air. [2]

(iv) On peut oxyder l'éthanol à l'aide d'une solution acide de dichromate de potassium,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , pour former deux composés organiques différents.



Exprimez les formules structurales des composés organiques **A** et **B** et décrivez les conditions requises pour obtenir un rendement élevé de chacun d'eux. [4]

(v) On peut convertir l'éthène en éthanol par hydratation directe en présence d'un catalyseur, selon la réaction suivante.



Pour cette réaction, identifiez le catalyseur utilisé et exprimez **un** usage de l'éthanol formé, autre que celui de carburant. [2]

(b) Déduisez une synthèse en deux étapes pour chacune des conversions suivantes. Pour chaque étape, exprimez les formules structurales de tous les réactifs et produits et exprimez les conditions utilisées dans les réactions.

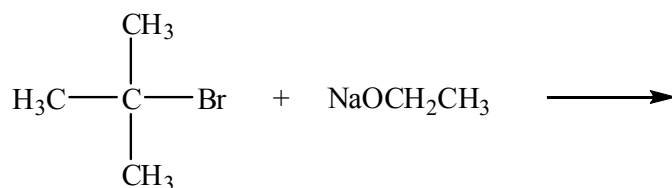
(i) Éthanol en éthanoate d'éthyle. [2]

(ii) Propène en propanone. [2]

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question 8)

- (c) Les réactifs utilisés dans une réaction d'élimination sont illustrés ci-dessous.



Expliquez le mécanisme de cette réaction en utilisant des flèches courbes pour représenter le mouvement des paires électroniques.

[3]

- (d) (i) Décrivez l'isométrie géométrique.

[1]

- (ii) Dessinez les isomères géométriques du but-2-ène.

[2]

- (iii) Dessinez les deux énantiomères du butan-2-ol.

[2]